

קורוזיה במבנים (מעין הנעורים)



ד"ר יוסי שואף. גבי שואף בע"מ
הנדסת בנין, פברואר 2020

קורוזיה במבנים (מעין הנעורים)



מבנים ימיים ואחרים הנמצאים בסביבה של קרבונטים וכלורידים נתונים להתקפה של קורוזיה המחלישה את חוזקם.



In North America, the average age of the continents' 607,380 bridges currently in operation is 42 years old !

מקור הגעתם של הכלורידים והקרבונטים



כלורידים מגיעים מסביבה ימית ומ- de-icing
0.4% ופחות מהווים סיכוי נמוך
0.4%-1.0% סיכוי בינוני
1% ויותר סיכוי גבוה לקורוזיה

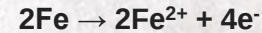


הקרבונטים (מלחים בלתי מסיסים) נוצרים מ CO2 הנמצא באויר
ומקטינים את האלקליות של הבטון.

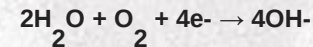
תהליך הקורוזיה

In reinforced concrete, the rebar may have many separate areas at different energy levels. Concrete acts as the electrolyte, and the metallic connection is provided by wire ties, chair supports, or the rebar itself.

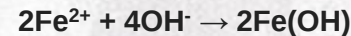
Corrosion is an electrochemical process involving the flow of charges (electrons and ions). At active sites on the bar, called anodes, iron atoms lose electrons and move into the surrounding concrete as ferrous ions. This process is called a half-cell oxidation reaction, or the anodic reaction, and is represented as:



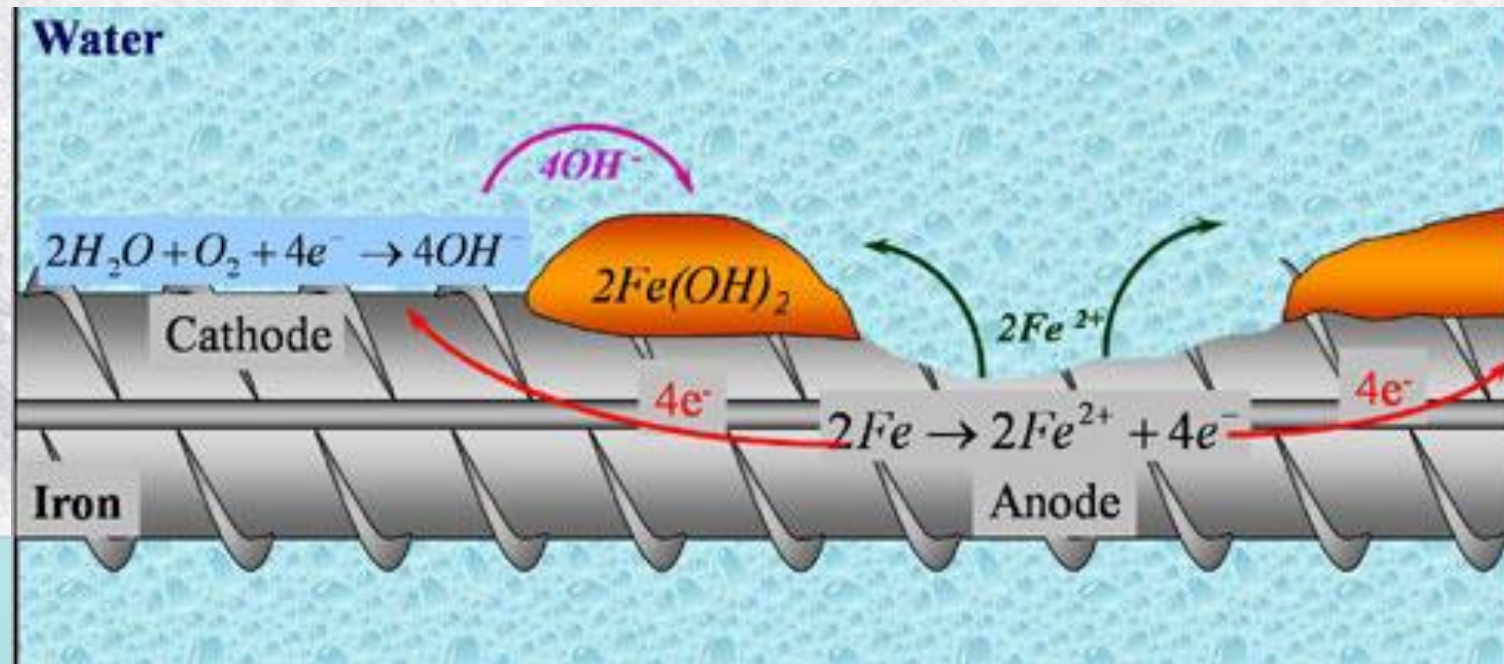
The electrons remain in the bar and flow to sites called cathodes, where they combine with water and oxygen in the concrete. The reaction at the cathode is called a reduction reaction. A common reduction reaction is:



To maintain electrical neutrality, the ferrous ions migrate through the concrete pore water to these cathodic sites where they combine to form iron hydroxides, or rust:

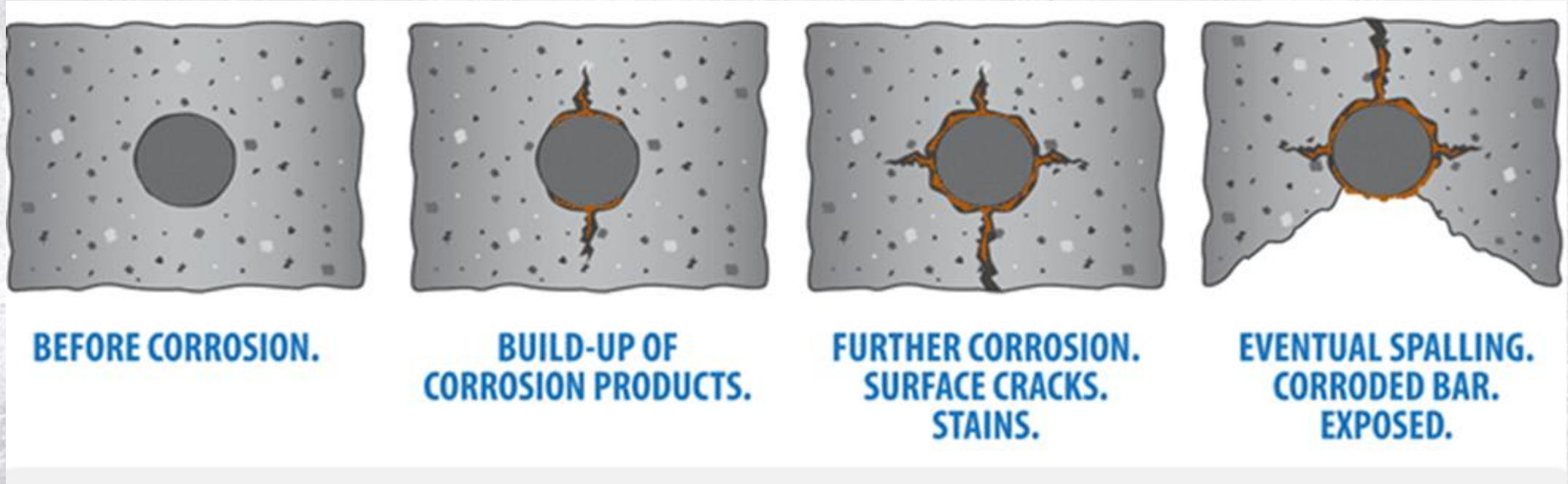


This initial precipitated hydroxide tends to react further with oxygen to form higher oxides. The increases in volume as the reaction products react further with dissolved oxygen leads to internal stress within the concrete that may be sufficient to cause cracking and spalling of the concrete



הכלוריד מהווה רק
קטליזטור לקורוזיה
של ברזל

קורוזיה במבנים (מעין הנעורים)



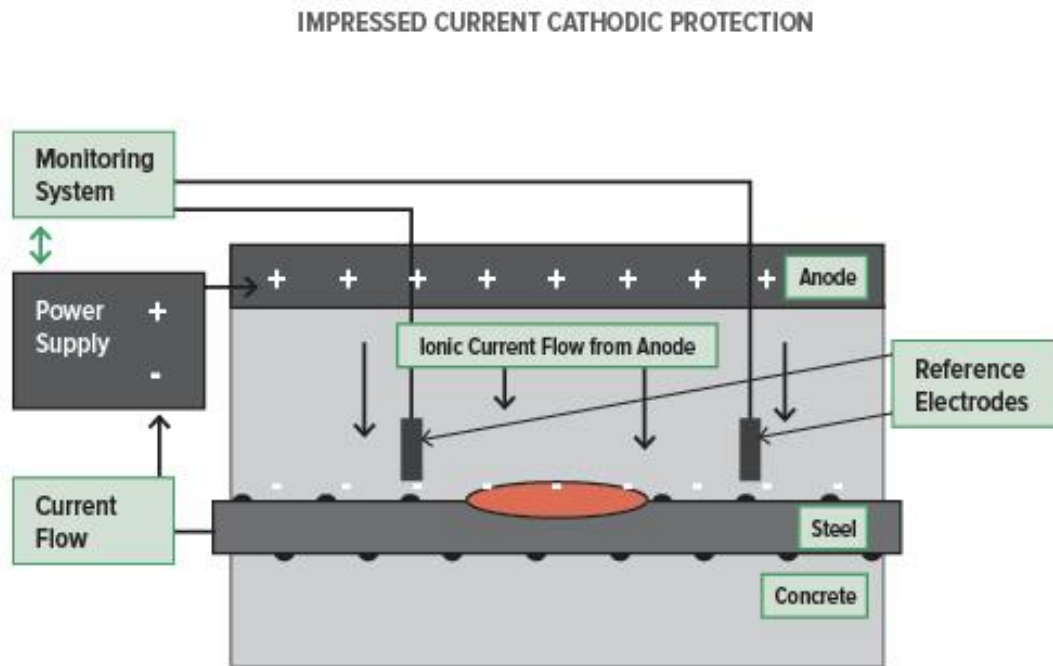
קורוזיה של 40 מיקרון לשנה כבר גורמת לפיצוצים

הגנה קתודית (אנודת הקרבה)

סידרה גלוונית

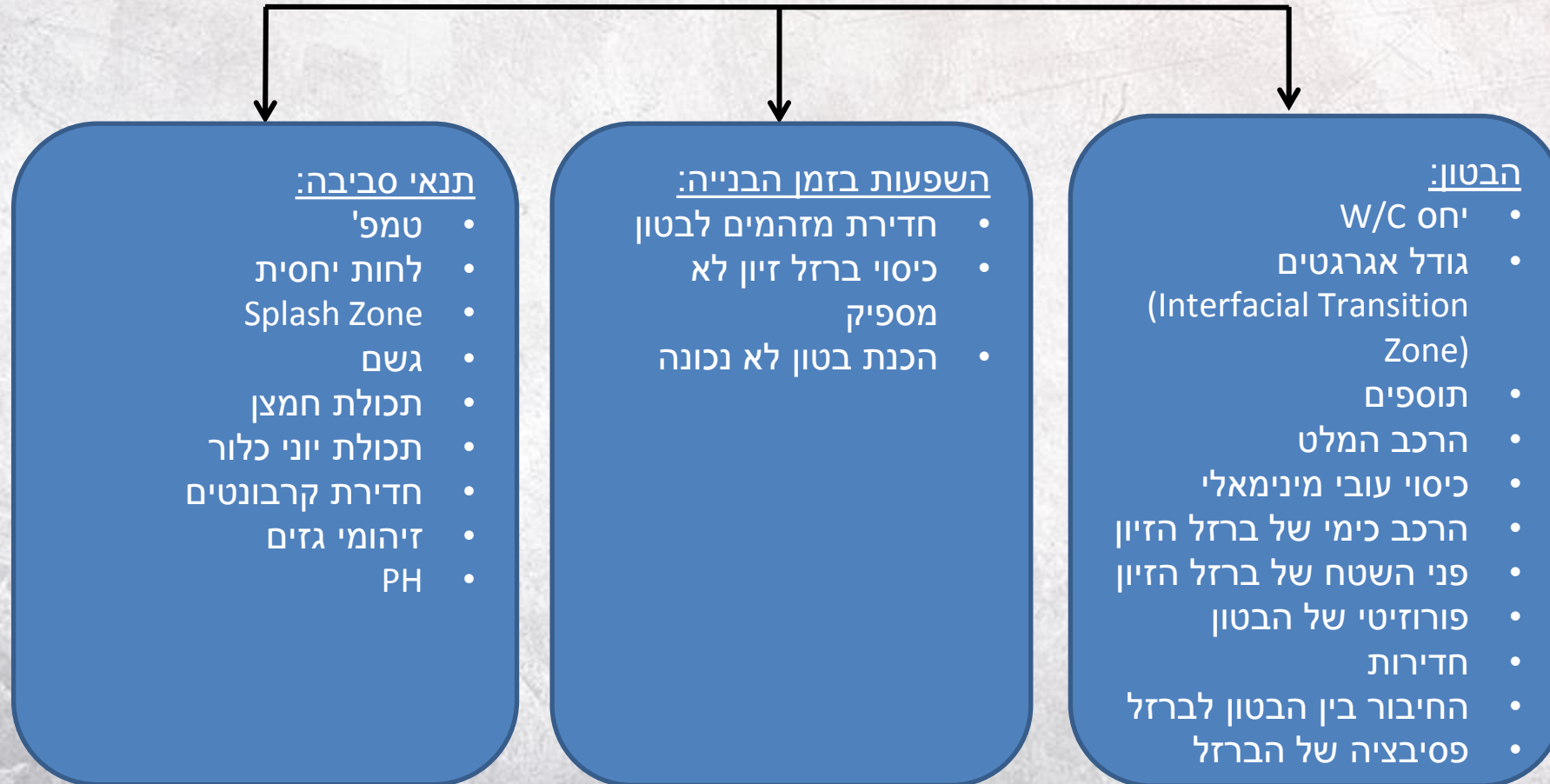


הגנה קתודית (זרם מאולץ)

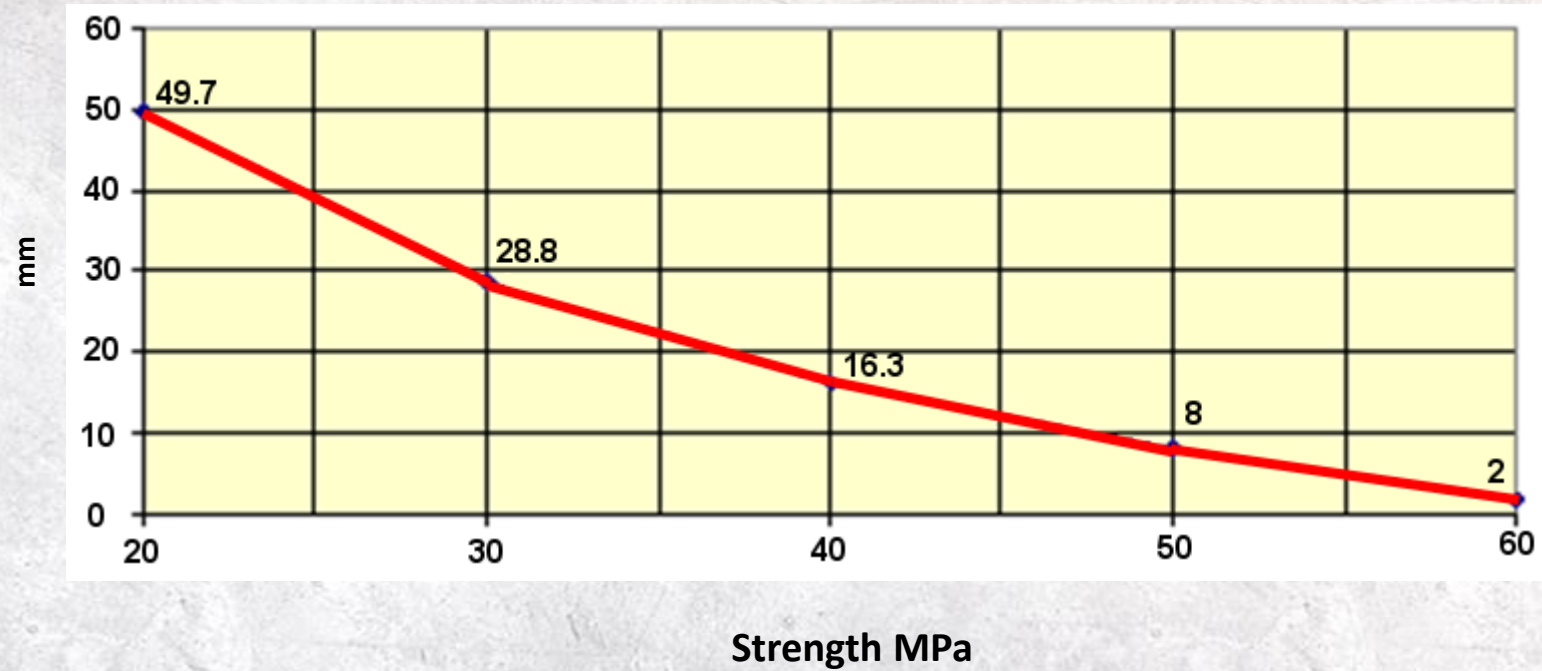


אסור שיהיה קצר בין האנודה לברזל !

גורמים עיקריים המשפיעים להיווצרות של קורוזיה וחדירתה לבטון מזויין

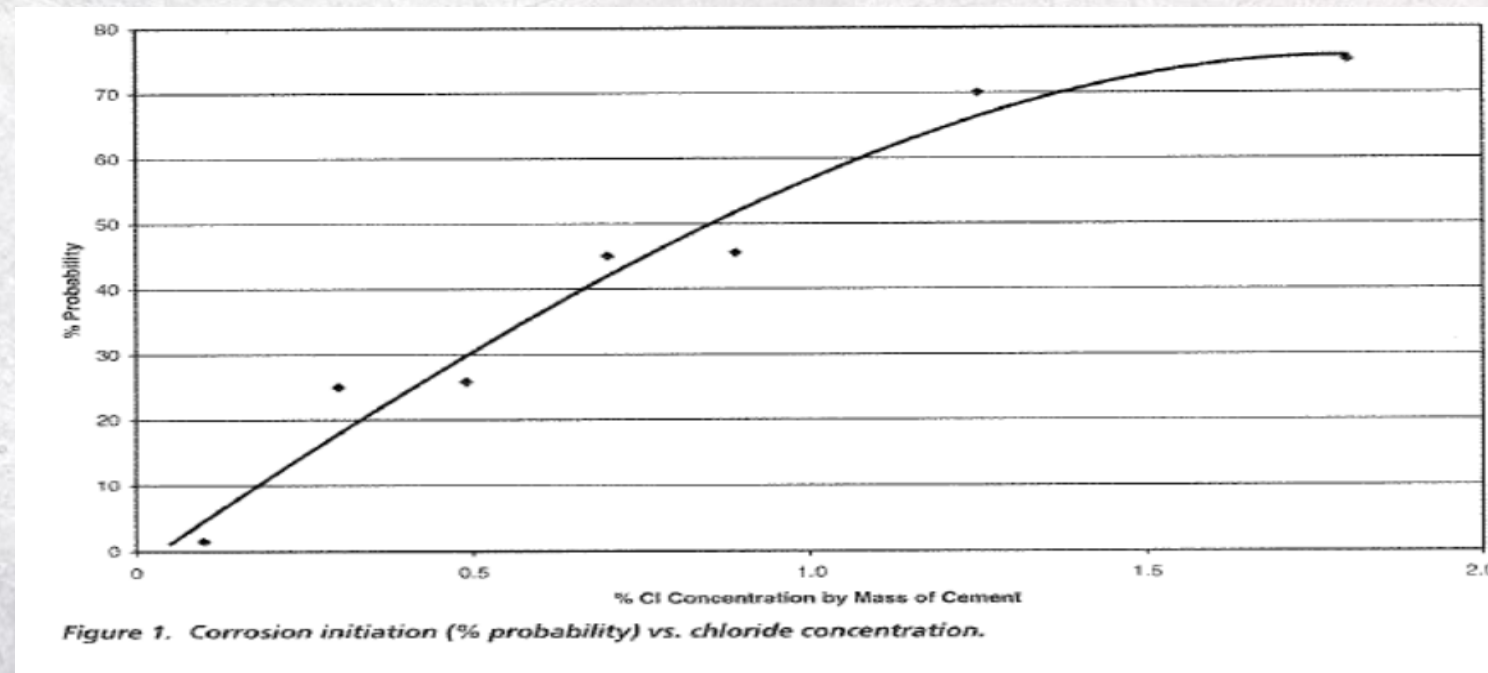


חדירות הבטון



עקומת חדירה לסוגי הבטון השונים במשך 50 שנה

- כמות הכלורידים בבטון נמדדת על ידי טרציה פוטנציומטרית.
- הערך המקובל הינו לפי ת"י 26, 0.2% מתכולת המלט שבבטון. מבוסס על עקומת ריכוז אחוז הכלורידים במסה של המלט וסיכויי התחלת הקורוזיה.



- התנגדות הבטון לחדירת יונים של כלור מתייחסת למטען חשמלי העובר דרך דגם

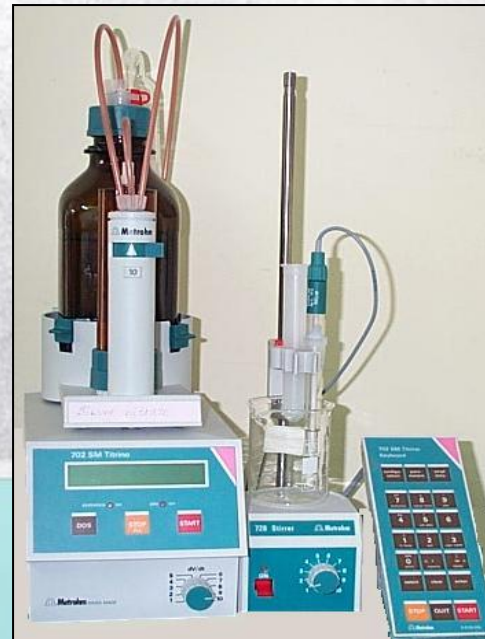
בדיקות הבטון למרכיבים קורוזיביים תכולת כלורידים

תכולת הכלורידים:

■ טטרציה פוטנציומטרית נעשית על דגמים שנלקחים מאזורים

שונים במבנה, בעומקים שונים. הערכים מתקבלים כאחוז

מכמות המלט.

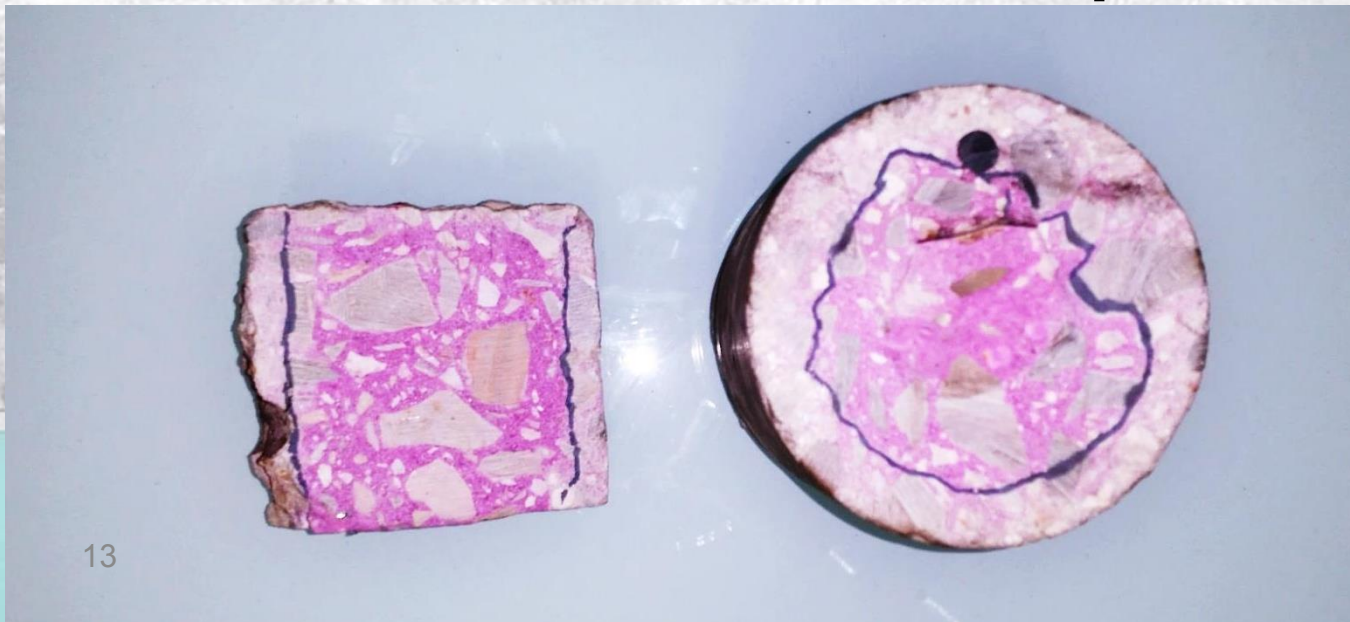


בדיקות הבטון למרכיבים קורוזיביים

תכולת קרבונטים

בדיקת קרבונטים:

הקרבונטים מחלישים את הקשר בין הבטון לברזל.
תכולת הקרבונטים נבדקת תוך כדי שימוש בתמיסת
פנולפתלאין. האינדיקטור מראה צבע ורוד באזור שבו לא
קיימים קרבונטים. רגישות הבדיקה PH 9.5 ומטה



בדיקת חדירות הבטון (לקביעת זמן חדירה)

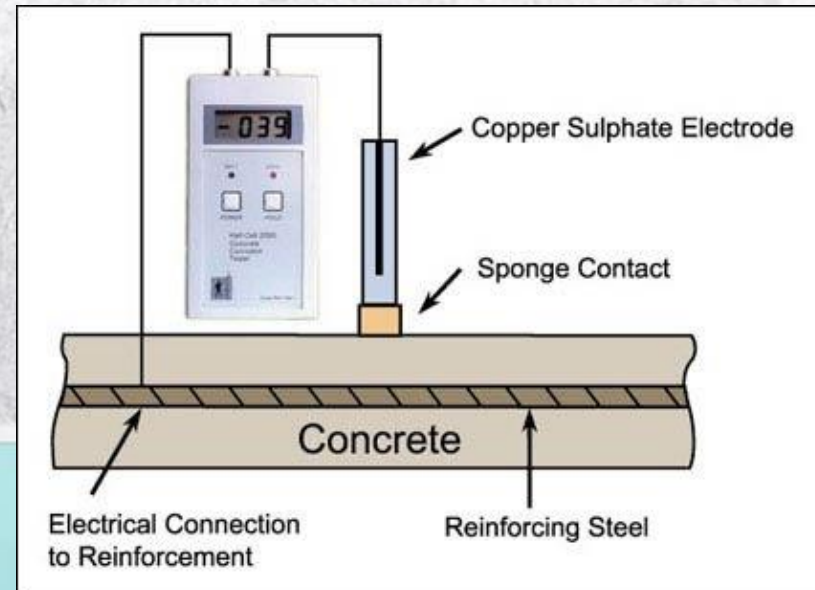
נעשה לפי ASTM C1202

מטען חשמלי, קולון, עובר דרך דגם של קוטר 4" ואורך 2"
במתח של 60 וולט מ 3% NaCl אנודה ו 3% NaOH קטודה.
המדידה נמשכת 6 שעות והערך ניתן למהנדס המבנה להערכת
דיפוזיה וחישוב קצב חדירה ואורך חיים.

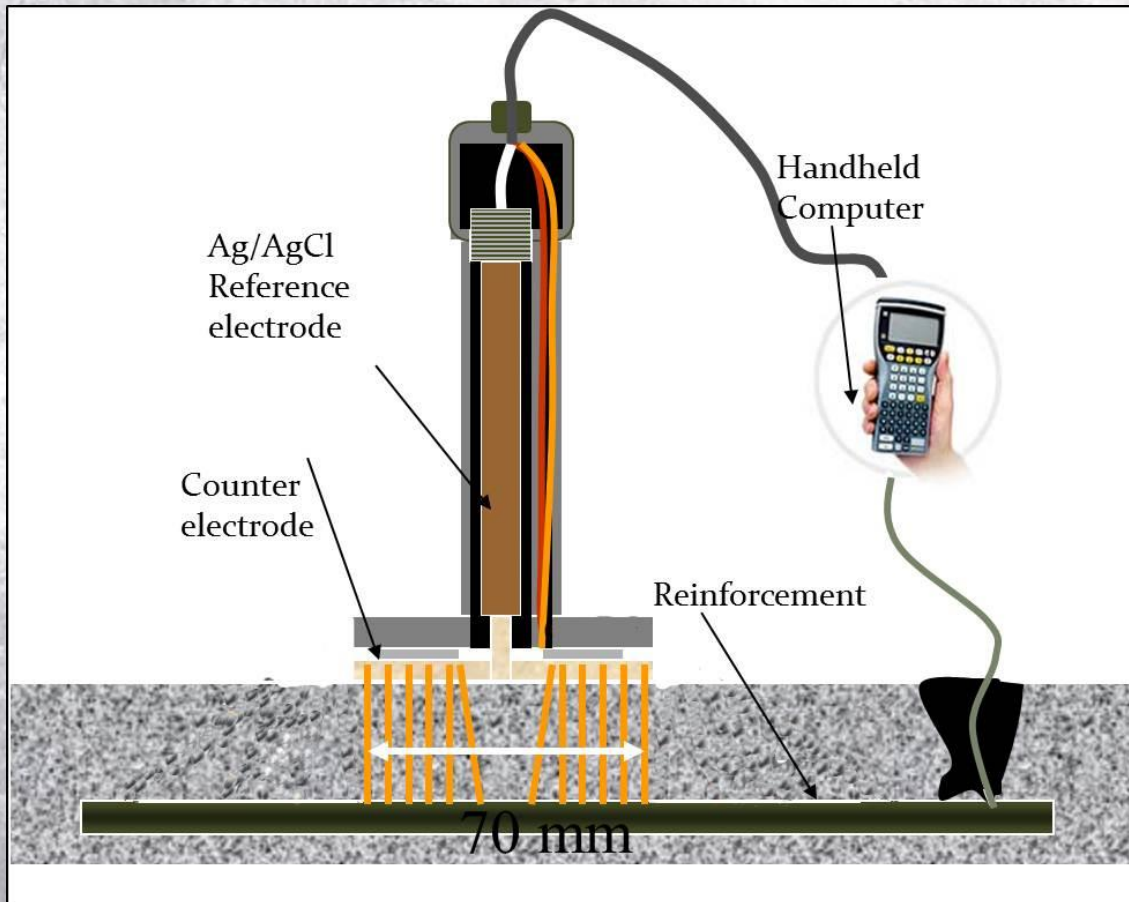
בדיקת התנאים לקורוזיה (חצי תא)



Measured Potential (mV CSE)	Probability of steel corrosion activity
	Less than 10%
-200 to -350	Uncertain
-350>	More than 90%



בדיקת תנאי הקורוזיה



Value (mV)	> -200mV	-200mV to -350mV	< -350mV	< -500mV
Interpretation	Corrosion unlikely	Uncertain	Corrosion likely	Severe corrosion
Chance of corrosion	10%>	>10% and <90%	90%<	90%<

מערכת בדיקת החדירות



TABLE 1 Chloride Ion Penetrability Based on Charge Passed (1)1

Charge Passed (coulombs)	Chloride Ion Penetrability
>4,000	High
2,000–4,000	Moderate
1,000–2,000	Low
100–1,000	Very Low
<100	Negligible

מה עושים אם יש כבר חדירת כלורידים ?

השיטה הקונבנציונלית:

■ הסרת הבטון הפגוע בעל ה- PH הנמוך ושכבות החלודה של ברזל הזיון

■ תיקון, החלפה או תוספת של ברזל זיון

■ שימוש בחומרים של אימפרגנציה בבטון החדש

■ שימוש בהגנה קתודית לפי שיקולי עלות ואחרים

הערה: ביצוע אימפרגנציה של הבטון הקיים עשויה לעצור

חדירה בקצב הקיים, אך לא את הקורוזיה שתפתח

מהכלורידים הקיימים!

מה עושים אם יש כבר חדירת כלורידים ?

תיקון לא קונבנציונלי בשיטת מיצוי הכלורידים

בשיטה זו מוציאים את הכלורידים והקרבונטים מהבטון הפגוע

ומחזירים את המבנה עשרות שנים אחורה



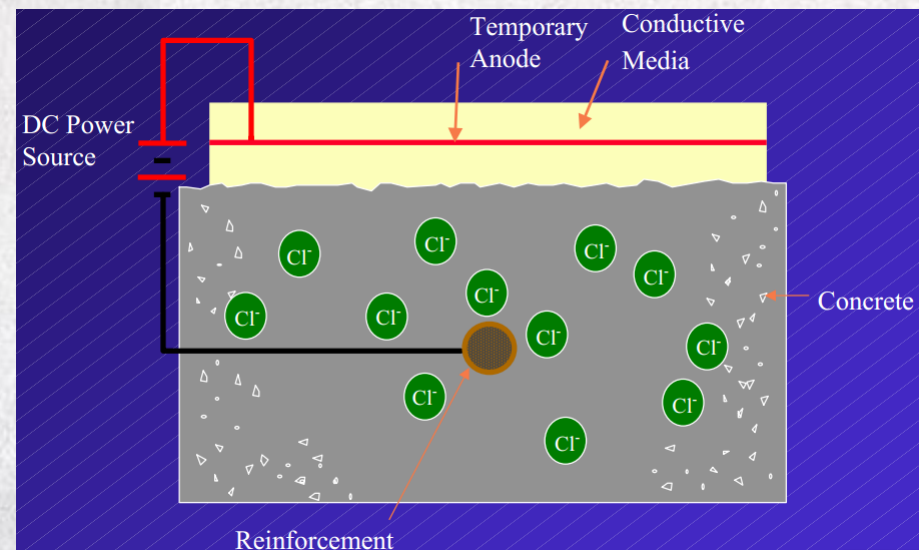
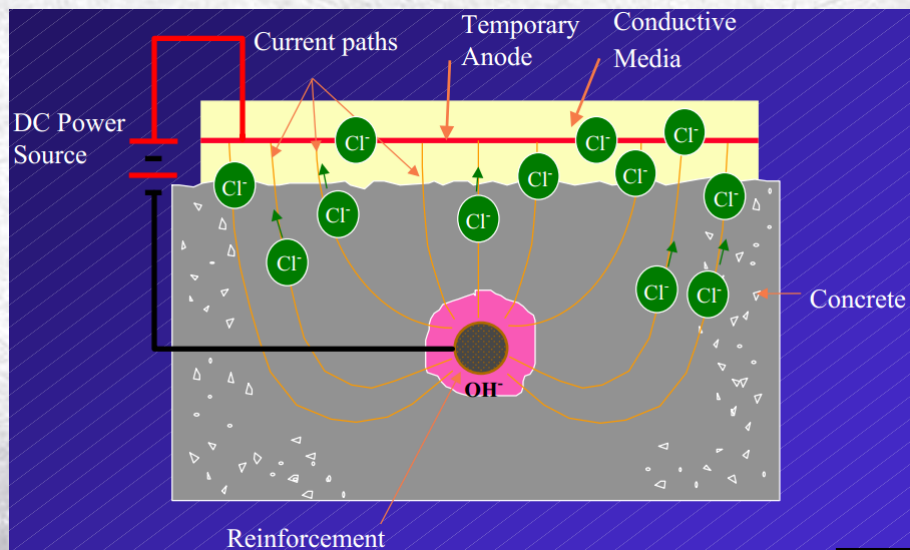
תיקון בשיטת מיצוי הכלורידים

בדיקות ומדידות שיש לבצע כדי שמהנדס המבנה יחליט על כדאיות הביצוע:

- קביעת המבנה של ברזלי הזיון הכולל: מיקום, רציפות חשמלית, קוטר ותדירות.
- קביעת מצב הקורוזיה של ברזלי הזיון (חצי תא).
- מדידות עובי של מרכיבי הבטון השונים.
- ביקורת ויזואלית לגילוי סדקים, שקיעות וכו'.
- קביעת חוזקו של הבטון
- קביעת כמות הכלורידים, עומק חדירתם וקצב התקדמות הקורוזיה.
- הערכת חדירת הקרבונטים וערכי ה PH.

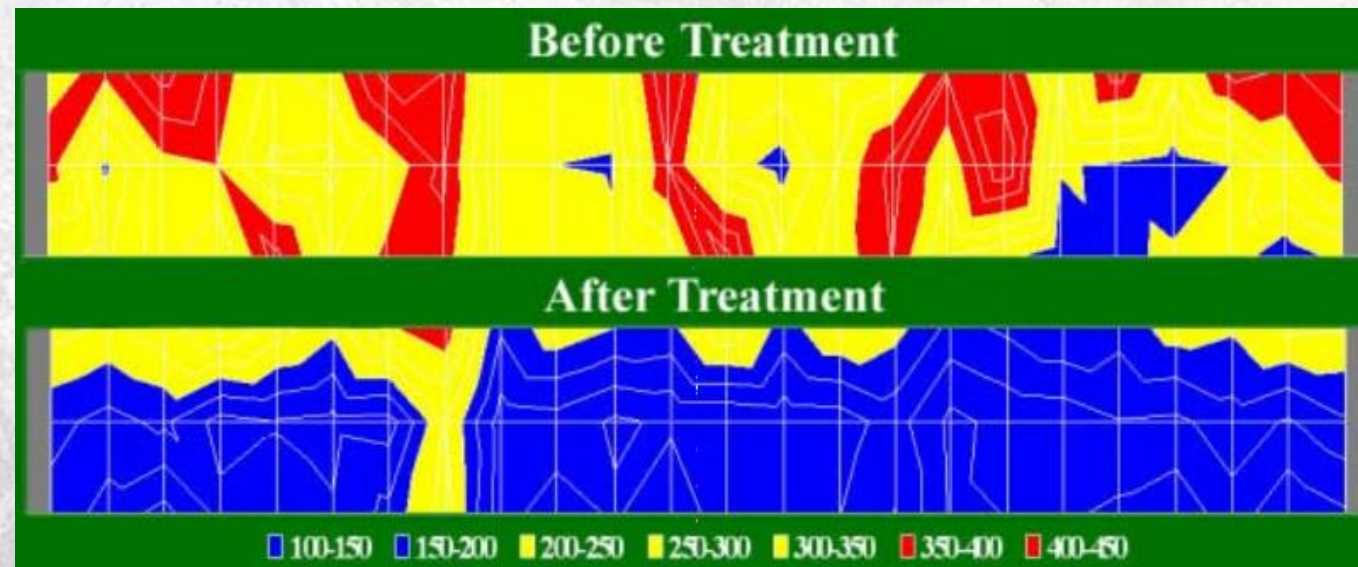
איך זה עובד?

השיטה הינה אלקטרוכימית ולהלן הסבר על בטון רווי בכלורידים



איך זה עובד?

יונים בסיסיים נוצרים ומעלים את ה PH סביב ברזל הזיון.
התחלות של קורוזיה הופכות לא אקטיביות.
חיי המבנה מוארכים.



מה התנאי לביצוע?

ריאלקליזציה (קרבונטים)

תבוצע לפי EN 14038-1 כאשר הזרם הינו בערך 1 A/m^2

מיצוי כלורידים

יבוצע לפי EN-14038-2 כאשר הזרם הינו גדול מ- 0.1 A/m^2 (אך לא גבוה מ 1)

NACE P0107-2017, "Electrochemical Realkalization and Chloride Extraction for Reinforced Concrete"

מתי מסתיים התהליך?

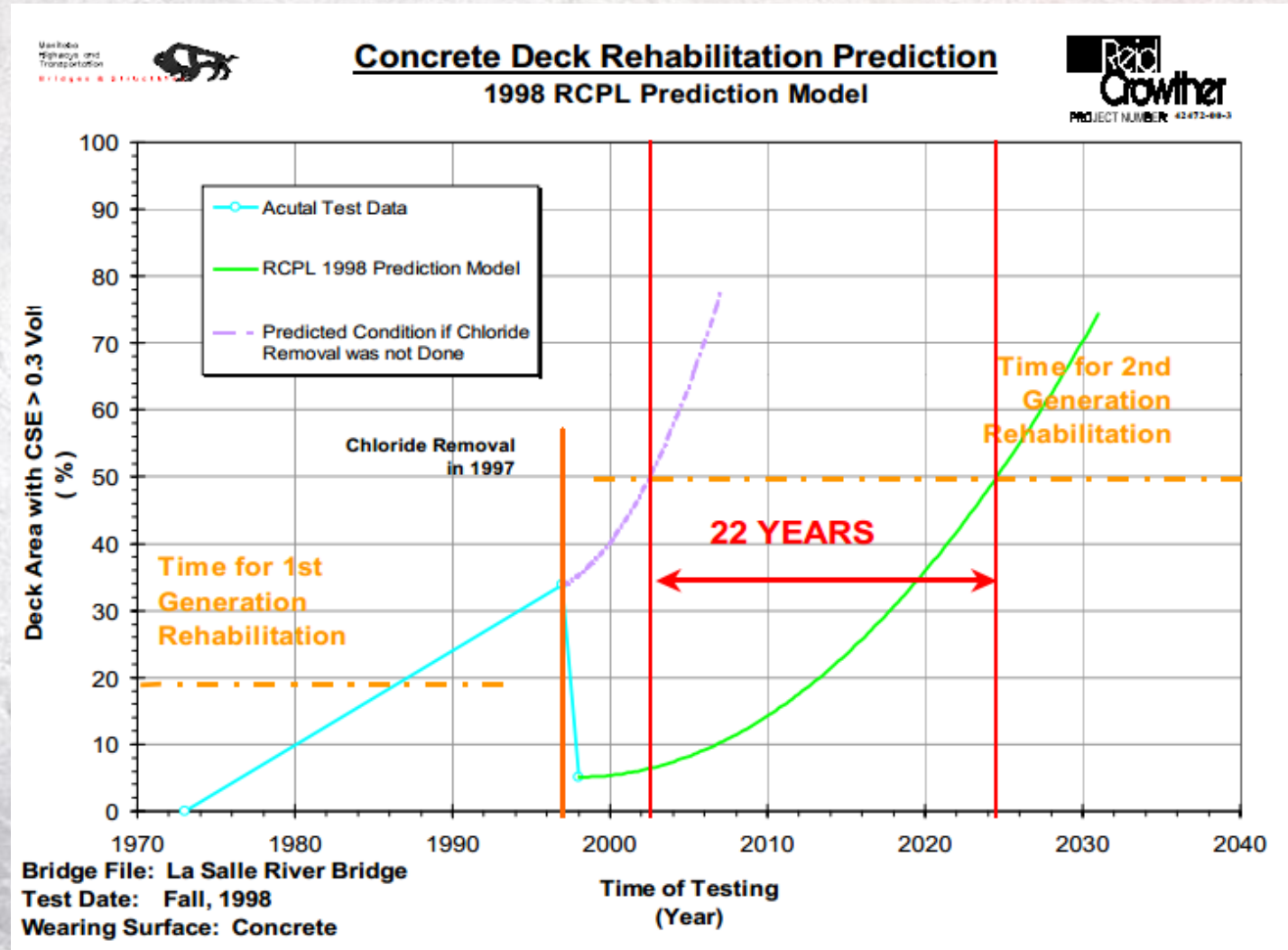
ריאלקליזציה (קרבונטים)

- כאשר סופקה צפיפות זרם מספקת בערך 200 A-h/m^2
- או מדידת PH ליד הזיון באמצעות פנולפתלאין

מיצוי כלורידים

- כאשר תחולת הכלורידים ליד הברזל יורדת לרמה שנקבעת (0.2%-0.4%). מספר המקומות הנבדקים יכול להיות לפי תקן קובע שתעשה דגימה לפי ANSI Z1.4 (ת"י 2859) כשיחידה נחשבת יארד מרובע אחד. לדוגמא : עבור 500 מ"ר יש לבדוק 50 מקומות, עבור 1000 מ"ר יש לבדוק 80 מקומות.
- או כאשר סופקה צפיפות זרם מספקת 600 A-h/m^2 נחשב כמינימום, מקובל יותר 1500 A-h/m^2
- או בדיקת פוטנציאל חצי תא לפני וחצי שנה אחרי לאפשר דהפולריזציה

Case Study



שלבי ביצוע

1. ביצוע בדיקות לבדיקת צורך וחישוב אורך חיים
2. מיפוי הפרדויות מקבילות לפני השטח (מצלמה תרמית ואימפקט אקו)
3. זיהוי סדקים ואיטומם (מניעת קצרים)
4. אישור קיום רציפות חשמלית של הזיון
5. התקנת אנודה על פני השטח (רשת מתכתית)
6. התקנת חומר נושא אלקטרוליט בין האנודה לבטון
7. הוספת האלקטרוליט
8. אמצעי למחזור האלקטרוליט
9. הזרמת זרם במתח וזרם מתאימים (מאות אמפרים).
10. בדיקות יומיות לתקינות והתקדמות התהליך
11. פירוק לאחר כ 60 יום.

ס'כום

Sincerely Yours



sin·cere·ly



סיכום

